

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-089814
(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl. G05B 19/416
B23Q 15/00

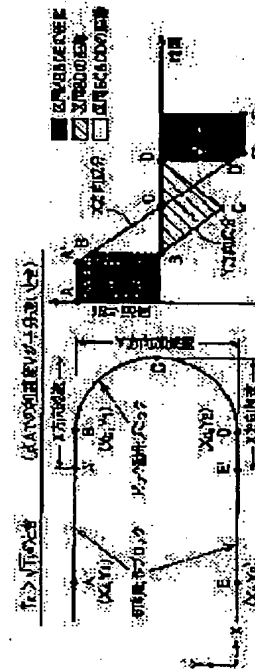
(21)Application number : 10-253464 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP.
(22)Date of filing : 08.09.1998 (72)Inventor : NAKAMURA MASAYUKI
MUTA YOSHIKI
NIWA SEIJI

(54) TOOL FEED SPEED CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To shorten the required feed time when a tool is sent from the start point of a preceding actual working route to the end point of a succeeding actual working route as much as possible, in a method for controlling the feed speed at the time of sending a tool from the preceding actual working route to the succeeding actual working route not on the extension line through a free working route by a working machine so as to work a work with the tool.

SOLUTION: Y direction acceleration and deceleration for increasing the Y direction components in a direction perpendicular to both of a preceding cutting operation block A-B and a succeeding cutting operation block D-E of the feed speed between the start point B and end point D of a picking operation block B-C-D and then reducing it are performed. Also, parallelly to that, second direction acceleration and deceleration for reducing and then increasing the X direction components in the direction parallel to the preceding and succeeding cutting operation blocks of the feed speed are performed with a point A' set in the middle of the preceding cutting operation block as a deceleration start point and the point E' set in the middle of the succeeding cutting operation block as an acceleration end point.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-89814

(P2000-89814A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 5 B 19/416		G 0 5 B 19/407	L 5 H 2 6 9
B 2 3 Q 15/00	3 0 1	B 2 3 Q 15/00	3 0 1 H

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-253464

(22) 出願日 平成10年9月8日 (1998.9.8)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 中村 正幸

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 牟田 芳喜

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100079669

弁理士 神戸 典和 (外3名)

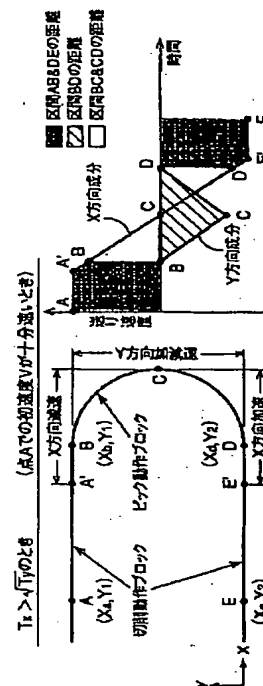
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工具送り速度制御方法

(57) 【要約】

【課題】 ワークを工具により加工するためにその工具を加工機により、先の実加工経路からその延長線上にない後の実加工経路に空加工経路を経て送る際の送り速度を制御する方法において、工具が先の実加工経路の始点から後の実加工経路の終点まで送られる際の所要送り時間を極力短縮する。

【解決手段】 送り速度の、先の切削動作ブロック A-B と後の切削動作ブロック D-E との双方に直角な方向における Y 方向成分が、ピック動作ブロック B-C-D の始点 B と終点 D との間において増加した後に減少する Y 方向加減速を行うとともに、それと並行して、送り速度の、先および後の切削動作ブロックと平行な方向における X 方向成分が減少した後に増加する第2方向加減速を、先の切削動作ブロックの途中に設定された点 A' を減速開始点、後の切削動作ブロックの途中に設定された点 E' を加速終了点として行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ワークを工具により加工するためにその工具を加工機により、先の実加工経路からその延長線上にない後の実加工経路に空加工経路を経て送る際の送り速度を制御する方法であって、

その送り速度の、先および後の実加工経路の少なくとも一方と直角な第1方向における第1速度成分が、空加工経路の両端点のうち先の実加工経路側の始点と後の実加工経路側の終点との間において増加した後に減少する第1方向加減速を実行する第1方向加減速実行工程と、

その第1方向加減速と並行して、前記送り速度の、先および後の実加工経路の少なくとも一方と平行な第2方向における第2速度成分が減少した後に増加する第2方向加減速を実行する第2方向加減速実行工程であって、第2方向加減速の実行時間が前記第1方向加減速の実行時間より長い場合に、第2方向加減速を、先の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行開始点、後の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行終了点として実行する第1工程を有するものとを含むことを特徴とする工具送り速度制御方法。

【請求項2】前記加工機による工具の送りについて最大加減速度が設定されており、工具が先および後の実加工経路をそれぞれ通過する際の送り速度の指令値である先および後の指令送り速度が設定されており、

前記第1方向加減速実行工程が、空加工経路の始点と終点とをそれぞれ第1加速開始点と第1減速終了点とに設定し、前記第1方向加減速を、前記第1速度成分がその設定された第1加速開始点と第1減速終了点との間において、0から前記最大加減速度と実質的に等しい実質最大加減速度で増加して実質最大速度に到達した後に実質最大加減速度で減少して0に到達するように実行し、それにより、第1方向加減速を実質最短時間で終了させるものであり、

前記第1工程が、先の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分と後の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分とに第2減速開始点と第2加速終了点とをそれぞれ設定し、前記第2方向加減速を、前記第2速度成分がその設定された第2減速開始点と第2加速終了点との間において、前記先の指令送り速度から実質最大加減速度で減少した後に実質最大加減速度で増加して前記後の指令送り速度に到達するように実行するものである請求項1に記載の工具送り速度制御方法。

【請求項3】前記第2加減速実行工程が、前記第2方向加減速の実行時間が前記第1方向加減速の実行時間より短い場合に、第2方向加減速を、空加工経路の始点を実行開始点、終点を実行終了点とするとともに、前記第2速度成分が0に維持される期間を有するように実行する第2工程を含む請求項1または2に記載の工具送り速度制御方法。

【請求項4】請求項1ないし3のいずれかに記載の工具送り速度制御方法を実施するためにコンピュータにより実行されるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワークを工具により加工するためにその工具を先の実加工経路からその延長線上にない後の実加工経路に空加工経路を経て送る際の送り速度を制御する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】加工機により工具を送ることによりワークを加工する技術には例えば、金型等、ワークを工具としてのカッタにより切削する技術があり、また、ワークに塗料等、塗布剤を工具としての塗布具により塗布する技術がある。

【0003】ワークをカッタにより切削する技術においては、加工機によりカッタを送る方式として、ワークに設定された複数の走査線に沿ってカッタを送る走査線方式や、ワークに設定された複数の等高線に沿ってカッタを送る等高線方式が既に知られている。いずれの方式を採用する場合にも、カッタが、先の切削動作経路（一の走査線または等高線）からその延長線上にない後の切削動作経路にピック動作経路を経て送られる場合がある。ピック動作経路は、カッタがピック動作を行わせられるべき経路であり、ピック動作とは一般に、カッタをワークから一時的に退避させる動作を意味する。先および後の切削動作経路の少なくとも一方と直角な方向を第1方向、平行な方向を第2方向、それら第1方向とも第2方向とも直角な方向を第3方向と定義すれば、ピック動作は、カッタの第3方向における送り（ワークに対する離間・接近）と第1方向における送り（先の切削動作経路から後の切削動作経路への移行）とから構成される。そして、いずれの方式を採用する場合にも、カッタを先の切削動作経路から後の切削動作経路にピック動作経路を経て送る際の送り速度を制御することが必要となる。

【0004】その送り速度を制御する方法の一従来例が図11に示されている。同図においては、説明の便宜上、第1方向がY方向、第2方向がX方向、第3方向がZ方向として示されている。この従来例においては、先の切削動作経路A-Bにおける切削動作と、ピック動作経路B-C-D-E-F-G-Hにおけるピック動作と、後の切削動作経路H-Iにおける切削動作とが時期的に互いにオーバーラップさせられることなく直列的に行われ、また、ピック動作においても、カッタを部分経路B-C-Dに沿ってZ方向に上昇させることと、カッタを部分経路D-E-Fに沿ってYの正方向に送ることと、カッタを部分経路F-G-Hに沿ってZ方向に下降させることとが時期的に互いにオーバーラップさせられる

ことなく直列的に行われる。

【0005】したがって、この従来例においては、送り速度のX方向成分については、先の切削動作経路A-Bの終点Bと、後の切削動作経路H-Iの始点Hとにおいて0となり、また、Y方向成分については、先の切削動作経路A-Bと、ピック動作経路B-C-D-E-F-G-Hのうちの部分経路B-C-Dおよび部分経路F-G-Hと、後の切削動作経路H-Iとにおいて0となり、また、Z方向成分については、先の切削動作経路A-Bと、ピック動作経路B-C-D-E-F-G-Hのうちの部分経路D-E-Fと、後の切削動作経路H-Iとにおいて0となる。したがって、この従来例においては、点Bと点Dと点Fと点Hとにおいて、送り速度のすべての成分が0となり、結局、送り速度の合成値が0となる。

【0006】以上の説明から明らかなように、この従来例においては、切削動作とピック動作とが時期的に互いにオーバーラップさせられることなく直列的に行われるとともに、ピック動作においても、カッタの複数種類の動作が時期的に互いにオーバーラップさせられることなく直列的に行われる。そのため、この従来例を採用する場合には、カッタが先の切削動作経路の始点から後の切削動作経路の終点まで送られる際の所要送り時間が長くなってしまう。

【0007】図12には、その従来例の一変形例が示されている。この変形例においては、カッタのピック動作におけるZ方向における上昇・下降（Z方向加減速）と、他の動作、すなわち、ピック動作におけるY方向における送り（Y方向加減速）とが時期的に互いにオーバーラップさせられて並列的に行われる。ただし、同図の右側のグラフにおいては、送り速度のZ方向成分の図示が省略されている。したがって、この変形例によれば、上記従来例におけるよりは、カッタが先の切削動作経路A-Bの始点Aから後の切削動作経路D-Eの終点Eまで送られる際の所要送り時間が短くなる。しかし、この変形例においても、切削動作のためのX方向加減速とピック動作におけるY方向加減速とが時期的に互いにオーバーラップさせられてはいない。

【0008】図13には、別の従来例が示されている。この従来例においては、ピック動作経路B-C-DにおけるY方向加減速と、同じピック動作経路B-C-DにおけるX方向加減速とが時期的に互いにオーバーラップさせられて並列的に行われ、その結果、送り速度のX方向成分がピック動作経路B-C-Dの始点Bと終点Dとにおいて0とならない。さらに、この従来例においては、図示しないが、カッタのZ方向加減速が、それらY方向加減速およびX方向加減速と時期的に互いにオーバーラップさせられて並行的に行われる。このように、この従来例においては、カッタのX方向加減速とY方向加減速とZ方向加減速とが互いに並列的に実行されるため、カッ

タが先の切削動作経路の始点から後の切削動作経路の終点まで送られる際の所要送り時間が前記変形例におけるより短くなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題、課題解決手段および発明の効果】後の従来例を実施する場合には、カッタのX方向における減速開始点とY方向における加速開始点とが共に点B、すなわち、ピック動作経路B-C-Dの両端点のうち先の切削動作経路A-Bとの接続点である始点とされて、それらX方向減速開始点とY方向加速開始点とが必ず互いに一致させられる。さらに、この従来例においては、カッタのX方向における加速終了点とY方向における減速終了点とが共に点D、すなわち、ピック動作経路B-Dの両端点のうち後の切削動作経路D-Eとの接続点である終点とされて、それらX方向加速終了点とY方向減速終了点とが必ず互いに一致させられる。

【0010】この従来例においては、例えば、後の切削動作経路が先の切削動作経路と平行かつ逆向きである状況において、カッタのX方向加減速が、送り速度のX方向成分が先の指令送り速度から最大加減速度で減少して0に到達した後に最大加減速度で増加して後の指令送り速度に到達するように行うことができる。ここに、先および後の指令送り速度はそれぞれ、カッタが先および後の切削動作経路をそれぞれ通過する際の送り速度の指令値であり、また、最大加減速度は、加工機によるカッタの送りについて設定されたものである。また、この従来例においては、カッタのY方向加減速が、送り速度のY方向成分が0から最大加減速度で増加して実質最大速度に到達した後に最大加減速度で減少して0に到達するように行うことができる。そして、これらの場合、X方向加減速の実行時間であるX方向加減速時間T、とY方向加減速の実行時間であるY方向加減速時間T、とは次のようにして求めることができる。

【0011】先の指令送り速度と後の指令送り速度とが互いに等しいと仮定した上でいずれもVとし、また、カッタのX方向における最大加減速度をG、とすれば、カッタがX方向減速開始点を通過する際の送り速度はV、X方向加速終了点を通過する際の送り速度もVとなるため、X方向加減速時間T、は、

$$2 \cdot V / G,$$

で求めることができる。一方、カッタのY方向における最大加減速度をG、とし、また、先の切削動作経路と後の切削動作経路との距離をLとすれば、Y方向加減速時間T、は、

$$2 \cdot \sqrt{L / G},$$

で求めることができる。

【0012】以上の説明から明らかなように、この従来例においては、カッタのX方向における減速開始点および加速終了点はそれぞれ必ず、Y方向における加速開始点および減速終了点に一致させられる。そのため、X方

10

20

30

40

50

向加減速時間 T 、および Y 方向加減速時間 T 、は、送り速度 V 、最大加速度 G 、距離 L および最大減速度 G 、が変化しない限り、変化せず、よって、それら X 方向加減速時間 T 、と Y 方向加減速時間 T 、との関係も変化しない。

【0013】一方、この従来例においては、それら X 方向加減速時間 T 、と Y 方向加減速時間 T 、とが互いに一致することが必要である。そのため、この従来例においては、例えば、 X 方向加減速時間 T 、が Y 方向加減速時間 T 、より長い場合には、 X 方向加減速時間 T 、を短くするためにカッタの X 方向における加減速度を最大値より増加させることは不可能であるため、カッタの Y 方向における加減速度を最大値より低減させることにより、 Y 方向加減速時間 T 、が延長される。

【0014】この従来例に対して本発明者は次のようなことに気がついた。すなわち、 X 方向における減速開始点および加速終了点を、先の切削動作経路の途中（先の切削動作経路のうちピック動作経路の始点より過去側の位置）および後の切削動作経路の途中（後の切削動作経路のうちピック動作経路の終点より未来側の位置）にそれぞれ設定すれば、カッタが X 方向においてピック動作経路の始点を通過する際の送り速度、および、 X 方向においてピック動作経路の終点を通過する際の送り速度が、先および後の指令送り速度 V より小さくなる。その結果、 X 方向加減速時間 T 、ももとの値、すなわち、 X 方向における減速開始点および加速終了点をピック動作経路の始点および終点にそれぞれ設定した場合の値より短くなる。よって、カッタの Y 方向における送り速度を犠牲にすることなく、 X 方向加減速時間 T 、と Y 方向加減速時間 T 、とを互いに一致させ得ることが可能となる。そして、このようにすれば、カッタが X 方向において、ピック動作経路の始点に到達する手前から減速が開始されることになるため、カッタが先の切削動作経路の始点から後の切削動作経路の終点まで送られる際の所要送り時間がその従来例におけるより短くなることに気がついたのである。

【0015】本発明は、そのような知見に基づいてなされたものであり、その課題は、工具が先の実加工経路の始点から後の実加工経路の終点まで送られる際の所要送り時間を極力短縮することにある。

【0016】その課題は下記の本発明の各態様によって解決される。なお、以下の説明において、本発明の各態様をそれぞれに項番号を付して請求項と同じ形式で記載する。各項に記載の特徴を組み合わせることで採用することの可能性を明示するためであり、ここに記載された組合せ以外の組合せを採用することの可能性を排除したり、ここに記載された特徴以外の特徴を採用することの可能性を排除するものではない。

【0017】(1) ワークを工具により加工するためにその工具を加工機により、先の実加工経路からその延長

線上にない後の実加工経路に空加工経路を経て送る際の送り速度を制御する方法であって、その送り速度の、先および後の実加工経路の少なくとも一方と直角な第1方向における第1速度成分が、空加工経路の両端点のうち先の実加工経路側の始点と後の実加工経路側の終点との間において増加した後に減少する第1方向加減速を実行する第1方向加減速実行工程と、その第1方向加減速と並行して、前記送り速度の、先および後の実加工経路の少なくとも一方と平行な第2方向における第2速度成分が減少した後に増加する第2方向加減速を実行する第2方向加減速実行工程であって、第2方向加減速の実行時間が前記第1方向加減速の実行時間より長い場合に、第2方向加減速を、先の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行開始点、後の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行終了点として実行する第1工程を有するものとを含むことを特徴とする工具送り速度制御方法

【請求項1】。この方法においては、第2方向加減速の実行時間が第1方向加減速の実行時間より長い場合に、第2方向加減速が、先の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行開始点、後の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分に設定された点を実行終了点として実行される。第2方向加減速のうちの減速が、工具の第1方向における加速開始前に開始され、かつ、第2方向加減速のうちの加速が、工具の第1方向における減速終了後に終了するように実行されるのである。したがって、この方法によれば、工具が第2方向において空加工経路の始点から終点まで送られる時間が、第2方向加減速を、空加工経路の始点を実行開始点、終点を実行終了点として実行した場合におけるより短くなり、その時間を第1方向加減速の実行時間、すなわち、工具が第1方向において空加工経路の始点から終点まで送られる時間に一致させることが可能となる。よって、この方法によれば、第2方向加減速の実行時間が第1方向加減速の実行時間より長い場合に、工具の第1方向における送り速度を低下させることなく、第1方向加減速の実行時間と等しい時間で工具が空加工経路を通過可能となる。さらに、この方法においては、第2方向加減速が空加工経路の始点より上流側の位置から開始される。したがって、この方法によれば、第1方向加減速の実行時間と等しい時間で工具が空加工経路を通過可能となることと、第2方向加減速が空加工経路の始点より上流側の位置から開始されることとの共同により、第2方向加減速が、工具の第1方向における加速開始と同時に工具の第2方向における減速が開始され、かつ、工具の第1方向における減速終了と同時に工具の第2方向における加速が終了するように行われる場合に比較して、工具が先の実加工経路の始点から後の実加工経路の終点まで送られる際の所要送り時間が短縮される。この方法において「実加工経路」は、工具の送りに工具

がワークを加工する動作が伴われる経路をいい、これに対して、「空加工経路」は、工具の送りに加工動作が伴われない経路をいう。「実加工経路」の一例が前述の切削動作経路であり、「空加工経路」の一例が前述のピック動作経路である。また、この方法において「後の実加工経路」の向きは、先の実加工経路と平行としたり、非平行とすることができ、また、先の実加工経路とほぼ同じとしたり、ほぼ逆とすることができる。

(2) 前記加工機による工具の送りについて最大加減速度が設定されており、工具が先および後の実加工経路をそれぞれ通過する際の送り速度の指令値である先および後の指令送り速度が設定されており、前記第1方向加減速実行工程が、空加工経路の始点と終点とをそれぞれ第1加速開始点と第1減速終了点とに設定し、前記第1方向加減速を、前記第1速度成分がその設定された第1加速開始点と第1減速終了点との間において、0から前記最大加減速度と実質的に等しい実質最大加減速度で増加して実質最大速度に到達した後に実質最大加減速度で減少して0に到達するように実行し、それにより、第1方向加減速を実質最短時間で終了させるものであり、前記第1工程が、先の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分と後の実加工経路のうち空加工経路との接続点を除く部分とに第2減速開始点と第2加速終了点とをそれぞれ設定し、前記第2方向加減速を、前記第2速度成分がその設定された第2減速開始点と第2加速終了点との間において、前記先の指令送り速度から実質最大加減速度で減少した後に実質最大加減速度で増加して前記後の指令送り速度に到達するように実行するものである(1)項に記載の工具送り速度制御方法〔請求項2〕。この方法においては、第1方向加減速が実質最短時間で終了するように行われ、結局、その実質最短時間で工具が空加工経路を通過させられる。よって、この方法によれば、工具が空加工経路を通過する時間が短縮される。この方法において、第1方向加減速実行工程に関する記載である「実質最大加減速度で増加して実質最大速度に到達した後に実質最大加減速度で減少する」における「増加」および「減少」はそれぞれ、第1速度成分の絶対値が増加および減少するという意味であり、また、それに準じて、第2方向加減速実行工程に関する記載である

「先の指令送り速度から実質最大加減速度で減少した後に実質最大加減速度で増加して」における「減少」および「増加」も、第2速度成分の絶対値が減少および増加するという意味である。速度成分に関する「増加」および「減少」なる字句についての解釈は他の項においても同様である。また、「先の指令送り速度」は、工具が先の実加工経路を通過する際の送り速度として、工具が先の実加工経路を通過する際に加減速されることを予定しないで作業により指令されるものであり、同様にして、「後の指令送り速度」は、工具が後の実加工経路を工具が通過する際の送り速度として、工具が後の実加工

経路を通過する際に加減速されることを予定しないで作業により指令されるものである。第1方向加減速の実行時間は例えば、先の実加工経路と後の実加工経路間との距離を工具の第1方向における実質最大加減速度で割り算した値の平方根を求めることにより求めることができる。また、第2方向加減速の実行時間は例えば、先および後の指令送り速度を工具の第2方向における実質最大加減速度で割り算することにより求めることができる。

(3) 前記第2方向加減速実行工程が、前記第2方向加減速の実行時間が前記第1方向加減速の実行時間より短い場合に、その第2方向加減速を、空加工経路の始点を実行開始点、終点を実行終了点とするとともに、前記第2速度成分が0に維持される期間を有するように実行する第2工程を含む(1)または(2)項に記載の工具送り速度制御方法〔請求項3〕。この方法によれば、第2方向加減速の実行時間が第1方向加減速の実行時間より短い場合でも、第1方向加減速の実行時間と等しい時間で工具が空加工経路を通過可能となる。

(4) 前記第2方向加減速実行工程が、前記第2方向加減速の実行時間が前記第1方向加減速の実行時間より短い場合に、その第2方向加減速を、空加工経路の始点を実行開始点、終点を実行終了点とするとともに、工具の前記第2方向における加減速度が予定値より低くなるように実行する第3工程を含む(1)ないし(3)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法。この方法において「予定値」は例えば、前記(2)項における「実質最大加減速度」とすることができる。

(5) さらに、前記第1および第2方向加減速と並行して、前記送り速度の、前記第1方向と前記第2方向との双方に直角な第3方向における第3速度成分が、空加工経路の始点と終点との間において、増加および減少をそれらの順に行うことを少なくとも1回繰り返す第3方向加減速を実行する第3方向加減速実行工程を含む(1)ないし(4)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法。

(6) 前記ワークが、前記先および後の実加工経路を規定するデータを含むNCデータを作成するCAM工程と、その作成されたNCデータに基づいて前記加工機により前記工具を送ることにより、前記ワークをNC加工するNC加工工程とがそれらの順に行われることにより、加工されるものである(1)ないし(5)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法。

(7) 当該工具送り速度制御方法が、前記CAM工程において実施されるものであり、それにより、前記NCデータが、さらに、前記第2方向加減速時間が前記第1方向加減速時間より長い場合に、(a) 前記第2方向加減速の実行開始点および実行終了点と、前記空加工経路上の、前記第2速度成分が0となる点とのうち少なくとも前者を規定するデータと、(b) 先および後の実加工経路ならびに空加工経路における工具の送り速度を規定するデー

タとのうち少なくとも前者のデータを含む(6)項に記載の工具送り速度制御方法。

(8) 前記NC工程において実施される(6)項に記載の工具送り速度制御方法。

(9) (1) ないし(8)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法を実施するためにコンピュータにより実行されるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体〔請求項4〕。この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータにより実行すれば、工具が先の実加工経路の始点から後の実加工経路の終点まで送られる際の所要送り時間を容易に短縮し得る。ここにおける「記録媒体」には例えば、フロッピーディスク、磁気テープ、磁気ディスク、磁気ドラム、磁気カード、光ディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM、ICカード、穿孔テープ等がある。

(10) (1) ないし(8)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法を実施するために、前記第1、第2および第3速度成分のうち少なくとも一つを決定することを特徴とする工具送り速度決定方法。

(11) (10)項に記載の工具送り速度決定方法を実施するためにコンピュータにより実行されるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

(12) (1) ないし(8)項のいずれかに記載の工具送り速度制御方法を実施することにより、前記ワークを前記工具により加工するワーク加工方法。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明のさらに具体的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0019】本実施形態である工具送り速度制御方法は、図1に示すように、工具としてのカット10によりワーク12をNC (Numerical Control) 加工で切削するためにカット10を加工機14により送る際の送り速度を制御する方法である。カット10の一例は回転工具としてのエンドミルであり、ワーク12の一例は金型であり、カット10によりワーク12を加工する方式の一例は、ワーク12の表面をカット10で走査しながら加工する走査線加工である。

【0020】ワーク12をNC加工するためには、同図に示すように、設計工程としてのCAD (Computer Aided Design) 工程と、製造工程のうちのデータ作成工程としてのCAM (Computer Aided Manufacturing) 工程と、製造工程のうちの加工工程としてのNC加工工程とがそれらの順に実行される。そして、本実施形態は、それら3つの工程のうちのCAM工程に対して本発明を実施した場合の一形態である。したがって、以下、まず、CAD工程とCAM工程とNC加工工程とを概略的に説明し、次に、CAM工程のみを詳細に説明する。

【0021】CAD工程においては、作業からの指令等に基づき、ワーク12の目標加工形状がサーフェスモデル、ソリッドモデル等で記述され、ワーク12の形状

を規定するワーク形状データが作成される。

【0022】このCAD工程は、CADシステム20により実行される。CADシステム20は、後に詳述するCAMシステムと同様な構成であるため、詳細な説明は省略する。

【0023】CAM工程においては、CAD工程から入力されたワーク形状データに基づき、NC加工の際にカット10の基準点 (例えば、カット中心) を通過させるべき複数のカット通過点CL (Cutter Location) を計算するCL計算が行われ、その計算された複数のカット通過点CLに基づき、それらカット通過点CLによって構成される点列を規定するカット点列データが作成される。ここに、「カット通過点CL」は、連続的な工具経路CP上において離散的に位置する点であり、また、「工具経路CP」は、ワーク12の目標加工表面からカット10のアプローチ側にカット形状寸法 (例えば、カット半径) に基づく量だけオフセットした経路である。

【0024】さらに、CAM工程においては、作成されたカット点列データをNC加工工程での処理に適した形式に変換するポスト処理が行われ、その変換されたデータがNCデータとされる。NCデータには、各カット通過点CLの位置を規定するためのCLデータと、工具経路CPが複数のカット通過点CLで分割された複数のブロックの各々においてカット10が切削動作を行うかピック動作を行うのかを指令する動作モード指令データとが含まれている。

【0025】このCAM工程はCAMシステム30により実行される。CAMシステム30は、図2に示すように、コンピュータ32を主体として構成されており、コンピュータ32は、プロセッサ (例えば、CPU) 34とメモリ (例えば、ROMとRAM) 36とを含む構成とされており、フロッピーディスクドライブ等、外部記憶装置38においてフロッピーディスク等、記録媒体40から読み込まれたプログラムが一時的にメモリ36に取り込まれ、必要に応じてプロセッサ34により実行され、これにより、ワーク形状データに基づくカット点列データ作成とNCデータ作成とが順に行われる。作業からの指令はキーボード、マウス等、入力装置42を介してコンピュータ32に入力可能となっており、また、コンピュータ32の処理結果はCRT、液晶ディスプレイ、プリンタ、プロッタ等、出力装置44を介して作業者に出力可能となっている。

【0026】NC加工工程においては、図1に示すように、入力されたNCデータに基づき、加工機14によりカット10を送るために加工機14に周期的に供給することが必要な送り指令信号 (例えば、各軸指令パルス) が作成される。具体的には、NCデータに基づき、工具経路CPが複数のカット通過点CLで分割された複数のブロックの各々について個々にカット10の送り速度が決定され、その送り速度でカット10が送られるように

各送り指令信号が各ブロック毎に作成され、その作成された送り指令信号が加工機14に供給される。その結果、加工機14によりカット10が工具経路CPに沿って送られ、ワーク12が目標形状に加工される。

【0027】このNC加工工程は、制御装置としてのDNC (Direct Numerical Control) システム50とCNC (Computerized Numerical Control) システム52とにより加工機14が制御されることにより、実行される。DNCシステム50にCNCシステム52が接続され、このCNCシステム52により加工機14が制御されてカット10とワーク12とが相対移動させられ、これにより、ワーク12が目標形状に加工される。加工機14は複数の制御軸としてX軸、Y軸およびZ軸を有しており、カット10はそれら各制御軸毎に送り速度が制御される。なお、DNCシステム50およびCNCシステム52は、前述のCAMシステム30と同様な構成であるため、詳細な説明を省略する。

【0028】以下、CAM工程を詳細に説明する。いわゆるCAM工程においては一般に、複数のカット通過点CLを決定する際に、NC加工工程において工具経路CPの各ブロックについて決定されることとなるカット10の送り速度を想定して考慮することは不可欠でない。しかし、それでは、NC加工工程において送り速度を適正に決定してもカット10の所要送り時間(加工時間)を十分に短くすることができない。そこで、本実施形態においては、CAM工程において、先に決定された複数のカット通過点CLに追加することが必要なカット通過点である追加点が、所要送り時間が極力短くなる送り速度がNC加工工程において決定されることとなるように決定される。

【0029】しかし、そのようにして最終的に決定された複数のカット通過点CLをNC加工工程に出力するのみでは、NC加工工程において決定される送り速度が、CAM工程において想定された送り速度に十分に近いものとなる保証はない。そこで、本実施形態においては、CAM工程において追加点を決定する際に想定した送り速度もNC加工工程に出力されるようになっている。よって、NC加工工程においては、複数のカット通過点CLと送り速度との双方に基づき、加工機14に出力すべき送り指令信号が作成されることになる。

【0030】そして、本実施形態におけるCAM工程においては、その追加点の決定が、切削経路CPのうちカット10が先の走査線から後の走査線にカット10のピック動作を伴って反転する部分について行われる。具体的には、カット10が先の切削動作ブロック(先の走査線の終点近傍に位置する)から、それとは逆向きにかつ平行に延びる後の切削動作ブロック(後の走査線の始点近傍に位置する)に、ピック動作が行われるピック動作ブロックを経て反転する際の所要送り時間が極力短くなる送り速度がNC加工工程において決定されることとな

るように行われる。ここに、先の切削動作ブロックは「先の実加工経路」の一例であり、後の切削動作ブロックは「後の実加工経路」の一例であり、ピック動作ブロックは「空加工経路」の一例である。

【0031】図3には、カット10がピック動作時およびその近傍時に描くべき経路が斜視図で概念的に示されるとともに、カット10が反転する際にカット10の3つの速度成分が時間と共に変化する様子が示されている。同図には、説明の便宜上、先および後の切削動作ブロックが共にX方向に延びるとともに、ピック動作が、カット10のX方向における送り(X方向加減速)およびY方向における送り(Y方向加減速)とZ方向における上昇・下降(Z方向加減速)とにより行われる場合が示されている。3つの速度成分は、X方向成分とY方向成分とZ方向成分とであり、X方向は「第2方向」、Y方向は「第1方向」、Z方向は「第3方向」にそれぞれ対応し、また、X方向成分は「第2速度成分」、Y方向成分は「第1速度成分」、Z方向成分は「第3速度成分」にそれぞれ対応する。

【0032】同図から明らかなように、本実施形態においては、ピック動作時には、カット10が、X方向における減速および加速(図において細線で示す)と、Y方向における加速および減速(図において破線で示す)と、Z方向における上昇(加速・減速)および下降(加速・減速)(図において一点鎖線で示す)とが時期的に互いにオーバーラップするように送られる。X方向加減速は「第2方向加減速」、Y方向加減速は「第1方向加減速」、Z方向加減速は「第3方向加減速」にそれぞれ対応する。

【0033】このCAM工程においては、追加点を決定するために場合分けが行われる。以下、この場合分けを説明する。

【0034】ところで、このCAM工程においては、送り速度のY方向成分が、ピック動作ブロックの始点である第1加速開始点から終点である第1減速終了点まで、0から最大加減速度で増加して最大速度に到達した後に最大加減速度で減少して0に到達するように決定される。それにより、カット10がY方向においてピック動作ブロックを最短時間で通過させられる。ここに、最大加減速度は、加工機14によるカット10の送りについて設定されているものである。このように決定されたY方向成分に従ってNC加工工程においてカット10が加工機14により送られれば、カット10のY方向加減速が行われることになる。

【0035】このY方向加減速の実行時間であるY方向加減速時間T_yは、カット10のY方向における最大加減速度をG_yとし、また、先の切削動作ブロックと後の切削動作ブロックとの距離をL(ピック送り量)とすれば、

$$T_y = 2 \cdot \sqrt{L/G_y}$$

で求めることができる。

【0036】これに対して、送り速度のX方向成分は、先の指令送り速度から最大加減速度で減少して0となった後に最大加減速度で増加して後の指令送り速度に到達するように決定される。ここに、先の指令送り速度は、カット10が先の切削動作ブロックを通過する際の送り速度の指令値であり、後の指令送り速度は、カット10が後の切削動作ブロックを通過する際の送り速度の指令値である。このように決定されたX方向成分に従ってNC加工工程においてカット10が加工機14により送られれば、カット10のX方向加減速が行われることになる。

【0037】このX方向加減速の実行時間であるX方向加減速時間 T_1 は、先の指令送り速度と後の指令送り速度とが互いに等しいと仮定した上でいずれも V とし、また、カット10のX方向における最大加減速度を G_x とすれば、カット10がX方向に減速開始点を通過する際の速度は V 、X方向に加速終了点を通過する際の速度も V となるため、

$$T_1 = 2 \cdot V / G_x$$

で求めることができる。

【0038】場合分けは、X方向加減速時間 T_1 ($= 2 \cdot V / G_x$) とY方向加減速時間 T_2 ($= 2 \cdot \sqrt{L / G_y}$) との大小比較により行われる。

【0039】X方向加減速時間 T_1 がY方向加減速時間 T_2 より長い場合には、X方向加減速のうちの減速の開始点が先の切削動作ブロックの途中に設定されるとともに、X方向加減速のうちの加速の終了点が後の切削動作ブロックの途中に設定される。さらに、ピック動作ブロックの中点も設定される。追加点が、それら減速開始点および加速終了点と、ピック動作ブロックの中点とから構成されるのである。以下、この追加点の設定手法を図4に示す一例に基づいて説明する。

【0040】なお、この例においては、先の切削動作ブロックが点Aと点Bとで規定され、ピック動作ブロックが点Bと点Dとで規定され、後の切削動作ブロックが点Dと点Eとで規定されている。また、点Cは、ピック動作ブロックの中点を示している。また、点A'は、先の切削動作ブロックの途中に設定される減速開始点を示し、点E'は、後の切削動作ブロックの途中に設定される加速終了点を示している。また、点AのX座標値は X_1 、Y座標値は Y_1 で表され、点BのX座標値は X_2 、Y座標値は Y_2 で表され、点DのX座標値は X_3 、Y座標値は Y_3 で表され、点EのX座標値は X_4 、Y座標値は Y_4 で表されている。

【0041】また、追加点の設定手法は、カット10が点Aから点Bを経て点Cに到達する経路について行う場合と、カット10が点Cから点Dを経て点Eに到達する経路について行う場合とで互いに共通するため、先の場合を詳細に説明することにより、後の場合の説明を省略

する。

【0042】カット10が区間A'Bを通過するのに要する所要時間 T_1 は、X方向加減速時間 T_1 の半値からY方向加減速時間 T_2 の半値を引き算することによって求められる。すなわち、

$$T_1 = V / G_x - \sqrt{L / G_y}$$

で求められるのである。また、カット10が区間BCを通過するのに要する所要時間 T_2 は、Y方向加減速時間 T_2 の半値として求められる。すなわち、

$$T_2 = \sqrt{L / G_y}$$

で求められるのである。

【0043】よって、区間A'BのX軸方向長さ D_1 は、

$$D_1 = V \cdot T_1 - (1/2) \cdot G_x \cdot T_1^2$$

で求められる。また、区間A'CのX軸方向長さ D_2 は、

$$D_2 = (1/2) \cdot G_x \cdot (T_1 + T_2)^2$$

で求められる。

【0044】したがって、X方向減速開始点である点

A'のX座標値 X_1' は、

$$X_1' = X_1 - D_1$$

で求められ、そのY座標値 Y_1' は、

$$Y_1' = Y_1$$

で求められる。また、Y方向加速終了点、Y方向減速開始点、X方向減速終了点およびX方向加速開始点である中点CのX座標値 X_c は、

$$X_c = X_1 + (D_2 - D_1)$$

で求められ、そのY座標値 Y_c は、

$$Y_c = (Y_1 + Y_2) / 2$$

で求められる。

【0045】また、点A'における送り速度 V_1 は、

$$V_1 = V$$

で求められ、Y方向加速開始点である点Bにおける送り速度 V_2 は、

$$V_2 = V - G_x \cdot T_1$$

で求められ、中点Cにおける送り速度 V_3 は、

$$V_3 = \sqrt{G_y \cdot L}$$

で求められる。

【0046】以上、X方向加減速時間 T_1 がY方向加減速時間 T_2 より長い場合を説明したが、以下、Y方向加減速時間 T_2 以下である場合を説明する。この場合、X方向加減速のうちの減速の開始点がピック動作ブロックの始点Bに設定されるとともに、X方向加減速のうちの加速の終了点がピック動作ブロックの終点Dに設定される。さらに、ピック動作ブロックの中点も設定される。追加点が、それら減速開始点および加速終了点と、ピック動作ブロックの中点とから構成されているのである。以下、この追加点の設定手法を図5に示す一例に基づいて説明する。

【0047】この場合、X方向加減速の途中において、

X方向成分が0に維持される区間B' D' が設定される。その結果、最終的なX方向加減速時間 T_1 が、もとのX方向加減速時間 T_1 に、カット10が区間B' D' を通過するのに必要な時間が加算されたものとなる。

【0048】カット10のX方向加減速により、送り速度のX方向成分が先の指令送り速度 V から0に減少するのに要する所要時間 T_1 は、

$$T_1 = V / G_1$$

で求められる。また、カット10のY方向加減速により、送り速度のY方向成分が0から最大値に増加するのに要する所要時間 T_1 は、

$$T_1 = \sqrt{(L / G_1)}$$

で求められる。

【0049】したがって、区間BB' のX方向長さ D_1 は、

$$D_1 = (1/2) \cdot G_1 \cdot T_1^2$$

で求められ、また、Y方向長さ D_1 は、

$$D_1 = (1/2) \cdot G_1 \cdot T_1^2$$

で求められる。

【0050】よって、X方向減速終了点である点B' のX座標値は、

$$X_1 + \{(1/2) \cdot G_1 \cdot T_1^2\}$$

で求められ、そのY座標値は、

$$Y_1 = (1/2) \cdot G_1 \cdot T_1^2$$

で求められる。また、Y方向加速終了点およびY方向減速開始点である中点CのX座標値 X_c は、

$$X_c = X_1$$

で求められ、そのY座標値 Y_c は、

$$Y_c = (Y_1 + Y_2) / 2$$

で求められる。

【0051】また、X方向減速開始点およびY方向加速開始点である点Bにおける送り速度 V_1 は、

$$V_1 = V$$

で求められ、点B'における送り速度 V_1 は、

$$V_1 = G_1 \cdot T_1$$

で求められ、中点Cにおける送り速度 V_c は、

$$V_c = \sqrt{(G_1 \cdot L)}$$

で求められる。

【0052】記録媒体40に予め記録されていてコンピュータ32により実行されるNCデータ作成プログラムが図6にフローチャートで表されている。

【0053】本プログラムにおいては、まず、ステップS1（以下、単に「S1」で表す。他のステップについても同じとする。）において、工具経路CPが計算され、次に、S2において、場合分け処理が行われ、続いて、S3において、追加点が算出され、その後、S4において、NCデータ化が行われる。以上で本プログラムの一回の実行が終了する。

【0054】図7には、S1の詳細がフローチャートで表されている。まず、S11において、CADシステム

20からワーク形状データが読み込まれる。次に、S12において、その読み込まれたワーク形状データに基づいてカット点列データが作成される。カット点列データは例えば、ワーク12の目標加工表面をカット10の加工半径に基づく量でオフセットすることにより作成される。これにより、図4および図5の各例については、カット点列が、点A(X_1, Y_1)、点B(X_2, Y_2)、点C(X_3, Y_3)および点D(X_4, Y_4)を含むように求められることになる。このようにしてカット点列データを作成することが、工具経路CPを計算することを意味する。その後、S13において、その作成されたカット点列データに動作モード指令データが付加される。カット点列により規定される複数のブロックの各々につき、カット10に切削動作を行わせるのかピック動作を行わせるのかを表すデータが付加されるのである。以上でこのS1の実行が終了する。

【0055】図8には、S2の詳細がフローチャートで表されている。まず、S21において、場合分け処理に必要な変数の取り出しが行われる。変数には、指令送り速度 V と、X軸方向における最大加減速度 G_1 と、Y軸方向における最大加減速度 G_2 と、ピック送り量 L 、すなわち、ピック動作のY方向における送り量とがある。指令送り速度 V およびピック送り量 L は、CAM工程において作業者により指示されるCAM指示パラメータであり、これに対して、最大加減速度 G_1 および最大加減速度 G_2 は、加工機14に設定されている機械パラメータである。次に、S22において、X方向加減速時間 T_1 とY方向加減速時間 T_2 との大小比較が行われる。具体的には、X方向加減速時間 T_1 からY方向加減速時間 T_2 を引き算した値が差 K として演算される。以上でこのS2の実行が終了する。

【0056】図9には、S3の詳細がフローチャートで表されている。まず、S31において、所要時間 $T_1 \sim T_4$ が計算される。具体的には、差 K が0より大きい場合、すなわち、X方向加減速時間 T_1 がY方向加減速時間 T_2 より長い場合には、区間A' Bの所要時間 T_1 と、区間BCの所要時間 T_2 とが前述のようにして計算される。これに対して、差 K が0以下である場合、すなわち、X方向加減速時間 T_1 がY方向加減速時間 T_2 以下である場合には、区間BB'の所要時間 T_1 と、区間BCの所要時間 T_2 とが前述のようにして計算される。

【0057】その後、S32において、区間長さ $D_1 \sim D_4$ が計算される。具体的には、差 K が0より大きい場合には、区間A' BのX軸方向長さ D_1 と、区間A' CのX軸方向長さ D_2 とが前述のようにして計算される。これに対して、差 K が0以下である場合には、区間BB'のX軸方向長さ D_1 と、区間BB'のY軸方向長さ D_2 とが前述のようにして計算される。

【0058】続いて、S33において、送り速度 $V_1 \sim$

V₁が計算される。具体的には、差Kが0より大きい場合には、点A'の送り速度V₁と、点Bの送り速度V₂と、点Cの送り速度V₃とが前述のようにして計算される。これに対して、差Kが0以下である場合には、点Bの送り速度V₁と、点B'の送り速度V₂と、点Cの送り速度V₃とが前述のようにして計算される。

【0059】その後、S34において、絶対座標が計算される。具体的には、差Kが0より大きい場合には、点A'のX座標値X₁、およびY座標値Y₁と、点CのX座標値X₃、およびY座標値Y₃とが前述のようにして計算される。これに対して、差Kが0以下である場合には、点B'のX座標値X₂、およびY座標値Y₂と、点CのX座標値X₃、およびY座標値Y₃とが前述のようにして計算される。以上でこのS3の実行が終了する。

【0060】図10には、S4の詳細がフローチャートで表されている。まず、S41において、差Kが0より大きいのか0以下であるかに応じ、各カット通過点CL毎に、X座標値とY座標値と送り速度Vとが互に関連付けられ、それにより、NCデータが作成される。差Kが0より大きい場合には、点Aと点A'と点Bと点Cにつき、それらの順に、かつ、それぞれにX、Y座標値および送り速度が設定される。これに対して、差Kが0以下である場合には、点Aと点Bと点B'と点Cにつき、それらの順に、かつ、それぞれにX、Y座標値および送り速度が設定される。次に、S42において、その作成されたNCデータがNC加工工程に出力される。以上でこのS4の実行が終了する。

【0061】以上、本発明の一実施形態を図面に基づいて詳細に説明したが、この他にも、特許請求の範囲を逸脱することなく、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した形態で本発明を実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である工具送り速度制御方法を実施されるCAM工程をCAD工程およびNC加工工程と共に示す工程図である。

【図2】図1におけるCAMシステム30を示すブロッ

*ク図である。

【図3】そのCAMシステム30により実行される工具送り速度制御方法を説明するための斜視図およびグラフである。

【図4】その工具送り速度制御方法を説明するための工具経路の平面図および送り速度の時間的変化を表すグラフである。

【図5】その工具送り速度制御方法を説明するための工具経路の別の平面図および送り速度の時間的変化を表す別のグラフである。

【図6】図2における記録媒体40に予め記録されているNCデータ作成プログラムを示すフローチャートである。

【図7】図6におけるS1の詳細を示すフローチャートである。

【図8】図6におけるS2の詳細を示すフローチャートである。

【図9】図6におけるS3の詳細を示すフローチャートである。

【図10】図6におけるS4の詳細を示すフローチャートである。

【図11】カット送り速度制御方法の一従来例を説明するための工具経路の斜視図および送り速度の時間的変化を表すグラフである。

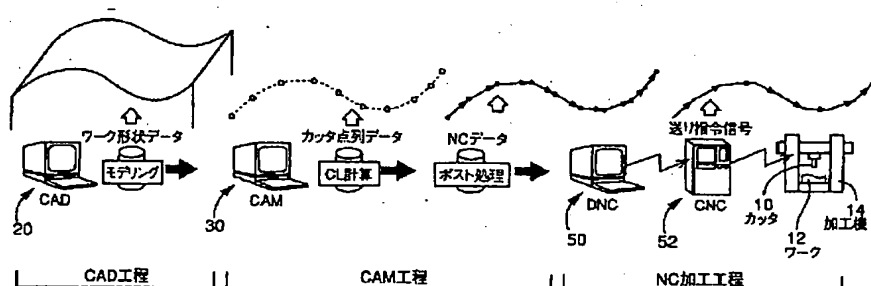
【図12】その従来方法の一変形例を説明するための工具経路の平面図および送り速度の時間的変化を表すグラフである。

【図13】カット送り速度制御方法の別の従来例を説明するための工具経路の平面図および送り速度の時間的変化を表すグラフである。

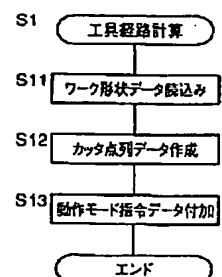
【符号の説明】

- 10 カッタ
- 12 ワーク
- 14 加工機
- 30 CAMシステム
- 32 コンピュータ
- 40 記録媒体

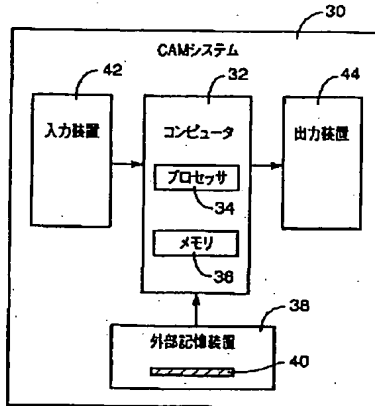
【図1】



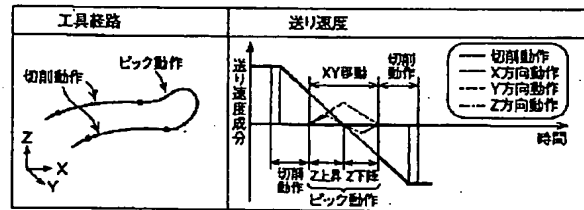
【図7】



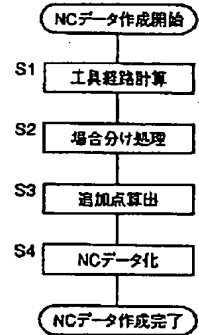
【図2】



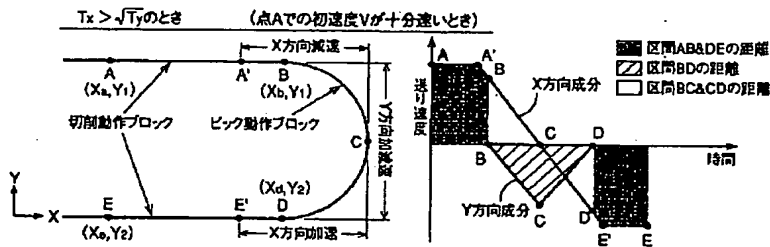
【図3】



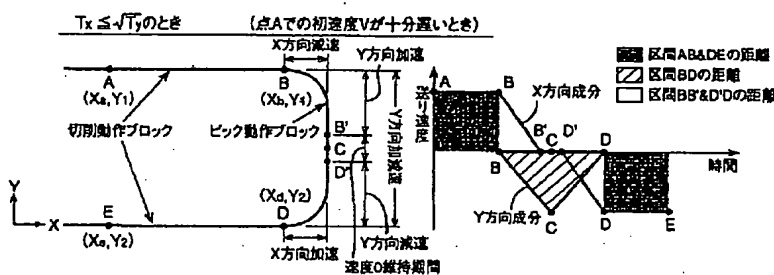
【図6】



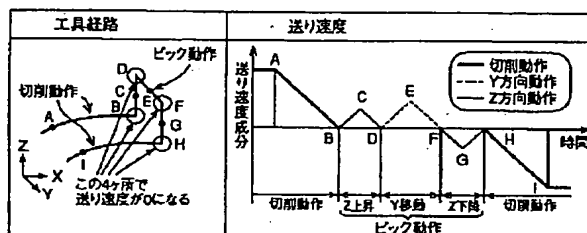
【図4】



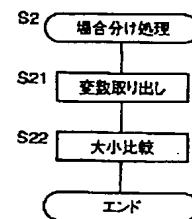
【図5】



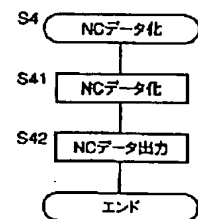
【図11】



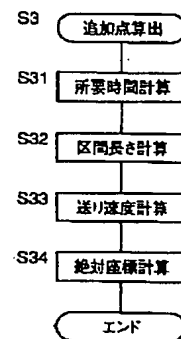
【図8】



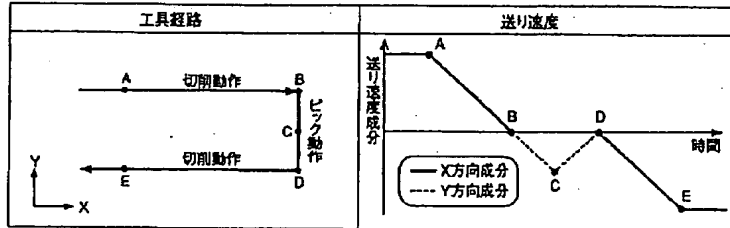
【図10】



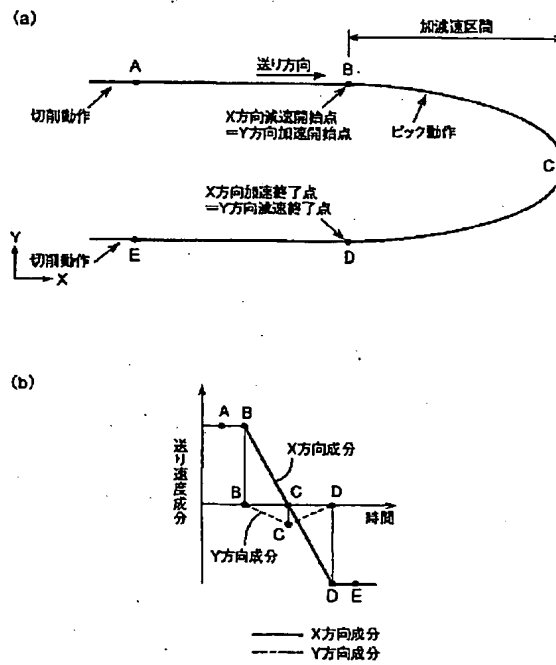
【図9】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 丹羽 誠二
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H269 AB05 AB37 BB05 CC02 EE01
FF07 HH03 KK01 NN16 QA01
QA05 QB19 QC01 QC03 QC06
QD02 QD03 QD06 RC04